

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisa Bahan

Analisa bahan dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Untuk penelitian kuat tekan mortar, digunakan benda uji berbentuk kubus dengan ukuran  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$  dengan komposisi 1 semen merah : 1 kapur : 3 pasir.

##### 4.1.1. Semen Merah Bata Murni

Semen merah bata murni berasal dari penggilingan batu bata baru. Bata baru tersebut diperoleh dari tempat pembuatan batu bata di daerah Kabupaten Malang. Berdasarkan hasil analisa bahan didapatkan data sebagai berikut.

- Kadar Air

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Kadar Air Semen Merah Bata Baru

Nomor Contoh		1	
Nomor Talam		A	B
1	Berat Talam + Contoh Basah (gr)	47,8	42,6
2	Berat Talam + Contoh Kering (gr)	47,6	42,4
3	Berat Air = (1) - (2) (gr)	0,2	0,2
4	Berat Talam (gr)	34,6	29,8
5	Berat Contoh Kering = (2) - (4) (gr)	13	12,6
6	Kadar Air = (3) / (5) (%)	0,015	0,016
7	Kadar Air Rata-Rata (%)	1,563	

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Semen Merah Bata Murni

No	Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Gradasi	Lolos ayakan no. 100	Prosentase lolos 0% - 15%
2	Kadar Air	1.56%	Maks 15%

Dari hasil analisa diatas, semen merah bata murni digolongkan dalam tingkat I berdasarkan tabel 2.4 persyaratan bahan *pozzolan*.

#### 4.1.2. Semen Merah Limbah Batu Bata

Semen merah limbah batu bata diperoleh dari penggilingan batu bata hasil bongkaran bangunan yang sudah tidak dipakai lagi. Limbah batu bata mempunyai karakteristik dan sifat kimia yang berbeda dengan batu bata baru karena terdapat faktor-faktor yang mempengaruhinya. Berdasarkan hasil analisa bahan diperoleh data sebagai berikut.

- Kadar Air

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Kadar Air Semen Merah Limbah Batu Bata

Nomor Contoh		1	
Nomor Talam		A	B
1	Berat Talam + Contoh Basah (gr)	35,2	36,8
2	Berat Talam + Contoh Kering (gr)	34,4	35,8
3	Berat Air = (1) - (2) (gr)	0,8	1
4	Berat Talam (gr)	5,8	5,8
5	Berat Contoh Kering = (2) - (4) (gr)	28,6	30
6	Kadar Air = (3) / (5) (%)	0,028	0,033
7	Kadar Air Rata-Rata (%)	3,065	

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Semen Merah Limbah Batu Bata

No	Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Gradasi	Lolos ayakan no. 100	Prosentase lolos 0% - 15%
2	Kadar Air	3.07%	Maks 15%

Dari hasil analisa di atas, semen merah limbah batu bata digolongkan dalam tingkat I berdasarkan tabel 2.4 persyaratan bahan *pozzolan*.

#### 4.1.3. Kapur

Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur padam. Kapur ini merupakan kapur hidrolis yang tidak akan larut dalam air setelah mengeras. Berdasarkan hasil analisa bahan diperoleh data sebagai berikut.

- Kadar Air

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian Kadar Air Kapur

Nomor Contoh			1	
Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh Basah	(gr)	16,6	16,8
2	Berat Talam + Contoh Kering	(gr)	16	16
3	Berat Air = (1) - (2)	(gr)	0,6	0,8
4	Berat Talam	(gr)	5,8	5,8
5	Berat Contoh Kering = (2) - (4)	(gr)	10,2	10,2
6	Kadar Air = (3) / (5)	(%)	0,059	0,078
7	Kadar Air Rata-Rata	(%)	6,863	

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Kapur

No	Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Gradasi	Lolos ayakan no. 50	Prosentase lolos 10% - 50%
2	Kadar Air	6.86%	6% - 10%

Dari hasil analisa di atas, kapur digolongkan dalam kelas II berdasarkan tabel 2.7 persyaratan kapur padam.

#### 4.1.4. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pasir umum yang biasa digunakan dengan syarat ukuran butiran, yaitu lolos saring nomor 4. Berdasarkan hasil analisa bahan didapatkan data sebagai berikut ini.

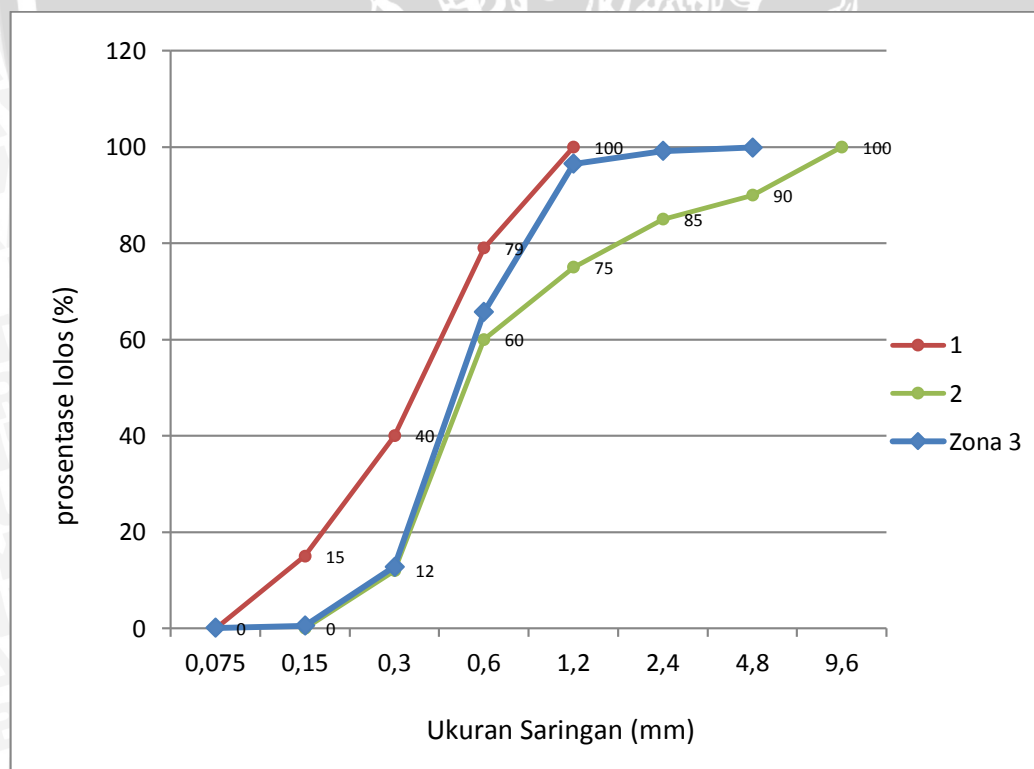
- Pengujian Gradasi

$$\begin{aligned} \text{Modulus kehalusan} &= \frac{\sum \% \text{ yang tertahan ayakan no } 200, 100, 50, 30, 16, 8, 4}{100} \\ &= \frac{325,642}{100} = 3,25 \end{aligned}$$



**Tabel 4.7** Hasil Pengujian Gradasi Pasir

Lubang Saringan		Pasir			
		Tertinggal		Kumulatif	
Nomor	mm	Gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	0	0	0	100
2,5"	63,5	0	0	0	100
2"	50,8	0	0	0	100
1,5"	38,1	0	0	0	100
1"	25,4	0	0	0	100
3/4"	19,1	0	0	0	100
1/2"	12,7	0	0	0	100
3/8"	9,5	0	0	0	100
4	4,76	1	0,101	0,101	99,899
8	2,38	7,4	0,748	0,849	99,151
16	1,19	26,2	2,647	3,496	96,504
30	0,59	305	30,814	34,310	65,690
50	0,297	524,6	53,001	87,311	12,689
100	0,149	121,4	12,265	99,576	0,424
200	0,075	4,2	0,424	100,000	0,000
Pan		1,4			
		989,8		325,642	

**Gambar 4.1** Zona Gradasi Pasir (Zona 3)

- Pengujian Kadar Air

**Tabel 4.8** Hasil Pengujian Kadar Air Pasir

Nomor Contoh			1	
Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh Basah	(gr)	35	59,8
2	Berat Talam + Contoh Kering	(gr)	34,8	59,4
3	Berat Air = (1) - (2)	(gr)	0,2	0,4
4	Berat Talam	(gr)	5,8	36,4
5	Berat Contoh Kering = (2) - (4)	(gr)	29	23
6	Kadar Air = (3) / (5)	(%)	0,007	0,017
7	Kadar Air Rata-Rata	(%)	1,214	

- Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

**Tabel 4.9** Data Benda Uji Pasir

Nomor Contoh			A	B	Rata-Rata
Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan	500	(gr)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven	Bk	(gr)	484	485,1	484
Berat Piknometer Diisi Air (Pada Suhu Kamar)	B	(gr)	708,4	711,7	710,05
Berat Piknometer + Benda Uji (SSD) + Air (Pada Suhu Kamar)	Bt	(gr)	1002,4	1008,8	1005,6

**Tabel 4.10** Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pasir

Nomor Contoh		A	B	Rata-Rata
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Gravity)	$Bk / (B+500-Bt)$	2,350	2,391	2,370
Berat Benda Jenuh Kering Permukaan (Bulk Specific Gravity Saturated Surface Dry)	$500 / (B+500-Bt)$	2,427	2,464	2,446
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)	$Bk / (B+Bk-Bt)$	2,547	2,580	2,564
Penyerapan (%) (Absorption)	$(500-Bk) / Bk \times 100\%$	3,306%	3,072%	3,189%

**Tabel 4.11** Hasil Pengujian Pasir

No	Pengujian	Hasil	Persyaratan
1	Gradasi	Zona 3	Zona 1 – Zona 4
2	Modulus Kehalusan	3,25	1,4 - 3,8
3	Kadar Air	1.21%	-
4	Berat Jenis (ssd)	2.47	-
5	Penyerapan	3.18%	-

Dari data tersebut pasir telah memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran mortar sesuai SKSNI 5-04-1989.

#### 4.1.5. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah air bersih dari perusahaan daerah air minum (PDAM) kota Malang. Air ini telah memenuhi syarat sehingga dalam penelitian ini tidak dilakukan analisa lagi.

## 4.2. Pengujian Benda Uji Mortar

### 4.2.1 Pengujian Konsistensi (FAB)

Besaran nilai *flow* mortar diperoleh secara langsung ketika proses pengadukan bahan-bahan pembuatan mortar telah selesai. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kelecakan dari campuran mortar segar yang menggambarkan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*).



**Gambar 4.2** Pengujian Konsistensi Mortar

Setelah melakukan beberapa percobaan untuk mengukur *flow* mortar dengan jumlah air yang berbeda. FAB yang dicoba adalah 0,55, 0,6, dan 0,65. Berdasarkan pengujian konsistensi maka dipakai FAB 0,65. Didapatkan dari perhitungan :

$$D_0 = 100 \text{ mm}$$

$$D_1 = 123 \text{ mm} , D_2 = 121 \text{ mm} , D_3 = 124 \text{ mm} , D_4 = 126 \text{ mm}$$

$$D_a = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + D_4}{4}$$



$$\text{nilai flow} = \frac{D_a - D_0}{D_0} \times 100\% = 23,5\%$$

Sehingga didapat nilai *flow* mortar sebesar = 123,5%, dan masih memenuhi standar lapangan

#### 4.2.2 Pengujian Kuat Tekan Mortar

Penelitian ini menguji kuat tekan dari benda uji mortar. Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan variasi perbandingan semen merah bata baru dengan semen merah limbah batu bata. Variasi tersebut mulai dari perbandingan 100 : 0 dengan 0 : 100. Setiap perubahan kekuatan bahan dan berat akan diamati dalam pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data hasil pengamatan kuat tekan dari mortar. Pengujian Kuat tekan ini dilakukan untuk mengidentifikasi. Kekuatan mortar disamping untuk mengidentifikasi mutu dari sebuah mortar disamping itu juga sebagai untuk mengetahui persyaratan spesifikasi.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat pengujian kuat tekan. Benda uji mortar ditekan dengan alat *compressing testing machine* sampai hancur atau tidak kuat menahan beban. Beban maksimum yang dapat ditahan mortar dicatat dan disebut beban maksimum. Nilai kekuatan mortar tergantung dari dua hal yaitu kecepatan pembebanan dan kedataran permukaan bidang tekan. Prinsip pengujian kuat tekan mortar dengan alat uji kuat tekan mortar adalah mengukur besarnya beban yang dapat dipikul oleh satuan luas mortar (sampel benda uji yang digunakan). Hasil pengujian beban maksimum mortar dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini.



**Gambar 4.3** Pengujian Kuat tekan Mortar

**Tabel 4.12** Hasil Pengujian Beban Maksimum

Variasi	No	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat (gram)	P (kg)
		(cm)				
0% SMLB - 100% SMBB	1	4,8	4,8	4,8	208,4	520
	2	4,9	4,8	4,8	209,2	540
	3	4,9	4,8	4,8	220,0	520
	4	4,9	4,8	4,9	218,6	560
	5	4,9	4,8	4,8	218,6	520
20% SMLB - 80% SMBB	1	4,9	4,9	4,9	209,2	620
	2	4,8	4,9	4,9	212,4	590
	3	4,8	4,9	4,9	211,2	600
	4	5	4,9	5	221,4	610
	5	4,9	4,9	5	222,4	580
40% SMLB - 60% SMBB	1	4,9	4,9	4,8	220,6	680
	2	4,8	4,9	4,8	210,2	680
	3	5	4,9	5	227,6	700
	4	5	4,9	4,9	220,8	700
	5	4,8	4,9	4,8	218,4	690
60% SMLB - 40% SMBB	1	4,8	4,9	4,9	208,8	600
	2	4,8	4,8	4,9	209,2	610
	3	4,9	4,9	4,9	211,2	630
	4	4,8	4,9	4,9	209,8	620
	5	4,8	5	4,9	216,4	640
80% SMLB - 20% SMBB	1	4,8	4,8	4,9	206,4	580
	2	4,8	5	4,9	210,2	630
	3	4,8	4,9	4,9	209,2	620
	4	4,9	4,9	4,9	210,8	610
	5	4,9	4,9	4,9	213,2	640
100% SMLB - 0% SMBB	1	4,8	4,8	4,9	212,8	490
	2	4,8	4,9	4,9	218,8	500
	3	5	4,9	4,9	220,4	560
	4	4,9	4,9	4,9	220,0	520
	5	4,8	4,9	4,9	216,4	530

Keterangan tabel :

SMLB : semen merah limbah batu bata

SMBB : semen merah batu bata baru



Kuat tekan dapat dianalisis dengan rumus :

$$f'c = \frac{P \text{ kg}}{A \text{ cm}^2}$$

Sebagai contoh perhitungan kuat tekan mortar dari tabel 4.5 untuk variasi 0% semen merah limbah batu bata – 100% semen merah bata baru.

$$f'c = \frac{P}{A} = \frac{520}{23,04} = 22,5694 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

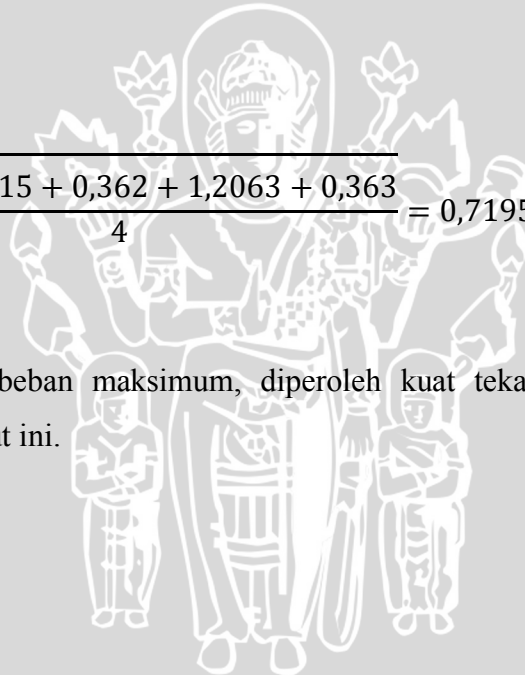
didapatkan kuat tekan rata-rata untuk variasi 0% semen merah limbah batu bata – 100% semen merah bata baru sebesar.

$$x = \frac{22,569 + 22,959 + 22,1088 + 23,8095 + 22,108}{5} = 22,711$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - x)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{0,02 + 0,0615 + 0,362 + 1,2063 + 0,363}{4}} = 0,7195$$

Berdasarkan hasil pengujian beban maksimum, diperoleh kuat tekan mortar yang disajikan pada tabel 4.13 berikut ini.



**Tabel 4.13** Hasil Perhitungan Kuat Tekan Mortar

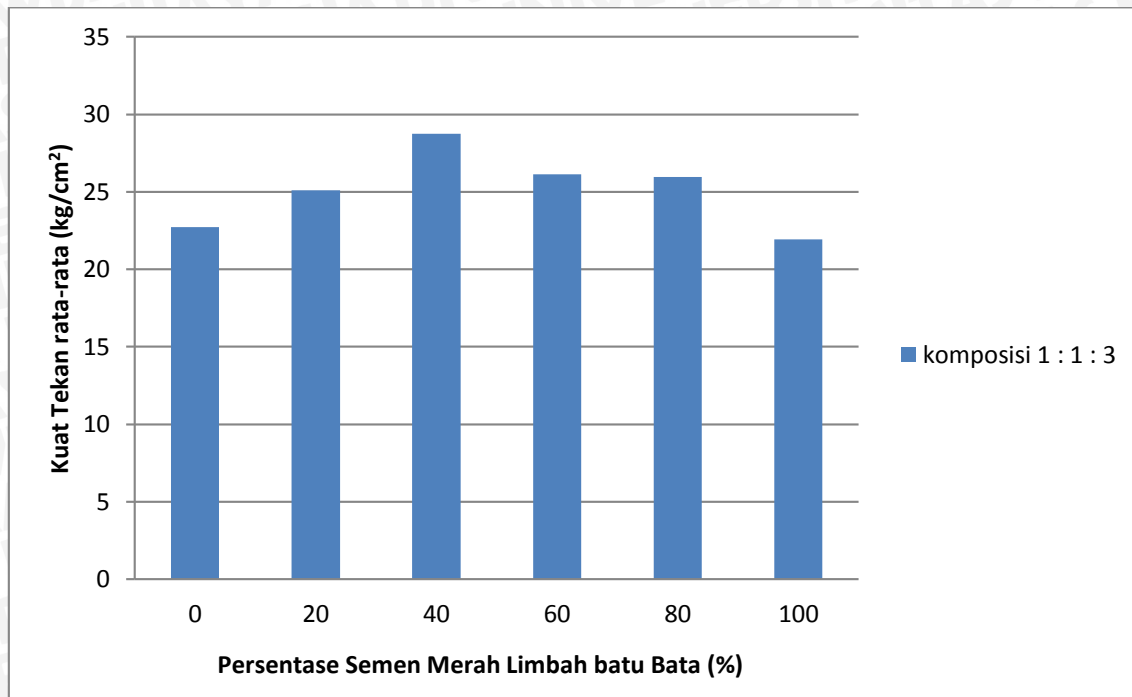
Variasi Mortar	No	Rekapitulasi Kuat Tekan Mortar		Standar Deviasi	COV (%)
		Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-Rata(kg/cm <sup>2</sup> )		
0% SMLB - 100% SMBB	1	22,5694	22,7112	0,7095	3,12%
	2	22,9592			
	3	22,1088			
	4	23,8095			
	5	22,1088			
20% SMLB - 80% SMBB	1	25,8226	25,0945	0,6366	2,54%
	2	25,0850			
	3	25,5102			
	4	24,8980			
	5	24,1566			
40% SMLB - 60% SMBB	1	28,3215	28,7425	0,3929	1,37%
	2	28,9116			
	3	28,5714			
	4	28,5714			
	5	29,3367			
60% SMLB - 40% SMBB	1	25,5102	26,1416	0,3769	1,44%
	2	26,4757			
	3	26,2391			
	4	26,3605			
	5	26,1224			
80% SMLB - 20% SMBB	1	25,1736	25,9692	0,6429	2,48%
	2	26,2500			
	3	26,3605			
	4	25,4061			
	5	26,6556			
0% SMLB - 100% SMBB	1	21,2674	21,9149	0,7395	3,37%
	2	21,2585			
	3	22,8571			
	4	21,6576			
	5	22,5340			

Keterangan tabel :

SMLB : semen merah limbah batu bata

SMBB : semen merah batu bata baru

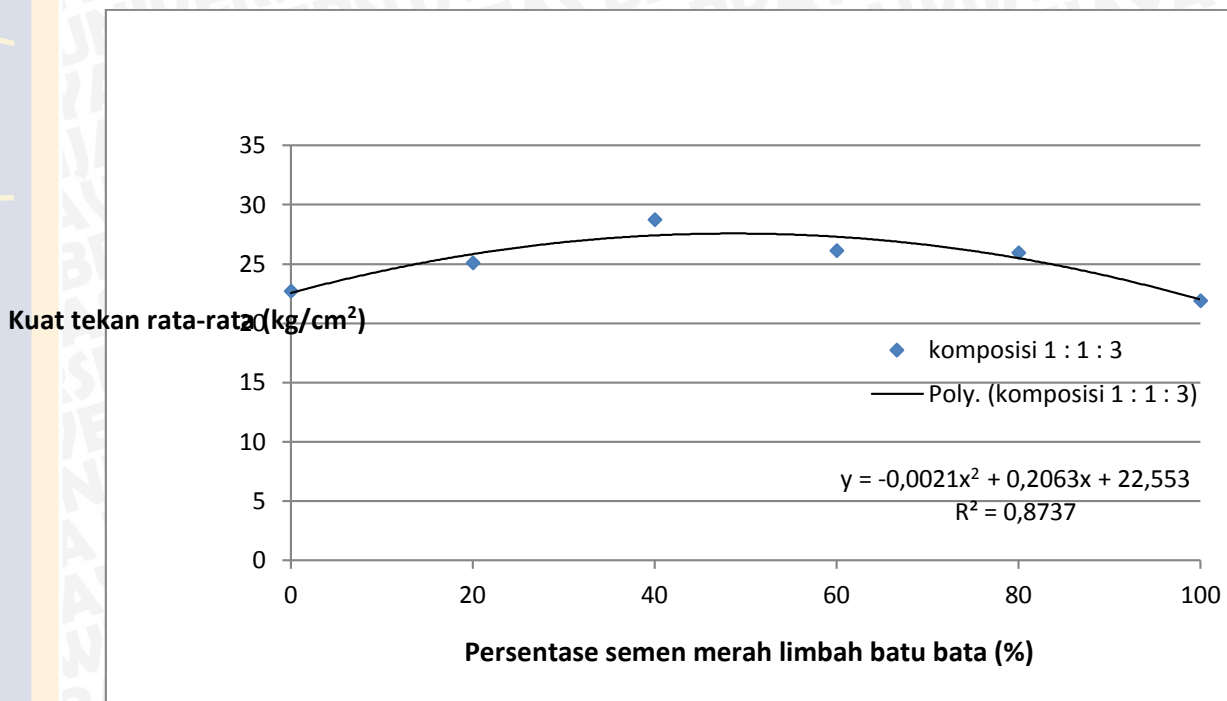
Untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan rata-rata dari masing-masing variasi disajikan dalam bentuk grafik hubungan kuat tekan rata-rata dan persentase semen merah limbah batu bata seperti pada gambar 4.4 berikut ini.



**Gambar 4.4** Grafik Kuat tekan Rata-Rata Mortar

Analisa data untuk memperoleh kadar optimum menggunakan analisa regresi dari hubungan kuat tekan rata-rata dan prosentase semen merah limbah batu bata. Dari hasil regresi tersebut diperoleh persamaan dari hubungan yang dianalisis. Selanjutnya dari persamaan regresi dicari nilai x puncak atau kadar optimum dari persentase semen merah limbah batu bata. Dari regresi hubungan antara kuat tekan rata-rata dengan persentase limbah batu bata diperoleh persamaan  $y = -0,0021x^2 + 0,2063x + 22,553$ , dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,8737. Grafik hasil analisa regresi ditampilkan pada gambar 4.5 berikut ini.





**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Regresi Kuat Tekan Mortar Rata-Rata dan Persentase Semen Merah Limbah Batu Bata

### 4.3. Analisis Statistik

Pengujian analisis data dilakukan agar peneliti dapat membuat keputusan, yaitu keputusan menolak atau tidak menolak hipotesis yang sedang diuji. Pengujian ini tidak dapat dipakai untuk menentukan benar atau salah suatu percobaan yang dilakukan. Keputusan yang diambil bisa benar dan juga bisa salah, sehingga menyebabkan timbulnya resiko dalam pembuatan keputusan.

#### 4.3.1. Uji Analisis Varian

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat pada pengujian mortar. analisis variansi didasarkan pada konsep distribusi F dan biasanya dapat diaplikasikan untuk berbagai macam kasus maupun dalam analisis hubungan antara berbagai variabel yang diamati. Dalam perhitungan statistik, analisis variansi sangat dipengaruhi asumsi-asumsi yang digunakan seperti kenormalan dari distribusi, homogenitas variansi dan kebebasan dari kesalahan. Asumsi kenormalan distribusi memberi penjelasan terhadap karakteristik data setiap kelompok. Asumsi adanya homogenitas variansi menjelaskan bahwa variansi dalam masing-masing kelompok dianggap sama. Sedangkan asumsi bebas menjelaskan bahwa variansi masing-masing terhadap rata-ratanya pada setiap

kelompok bersifat saling bebas. Pengujian Hipotesis dilakukan dengan menggunakan analisis varian satu arah.

#### 4.3.1.1. Kuat Tekan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan semen merah limbah batu bata terhadap kuat tekan mortar. Berikut adalah kriteria pengujian analisis varian satu arah :

$H_0$  = Tidak terdapat pengaruh variasi persentase penggunaan limbah batu bata sebagai semen merah terhadap kuat tekan mortar.

$H_1$  = Terdapat pengaruh variasi persentase penggunaan limbah batu bata sebagai semen merah terhadap kuat tekan mortar.

Level of significance  $\alpha = 5\% = 0,05$

$n = 5$  (jumlah benda uji tiap perlakuan)

$b = 6$  (variasi prosentase semen merah limbah batu bata)

**Tabel 4.13** Data Analisis Statistik

Tegangan Hancur (kg/cm <sup>2</sup> ) Perbandingan Semen Merah Bata Daur Ulang dan Semen Merah Bata Baru						Jumlah
0% : 100%	20% : 80%	40% : 60%	60% : 40%	80% : 20%	100% : 0%	
22,57	25,82	28,32	25,51	25,51	21,27	
22,96	25,09	28,91	26,48	26,48	21,26	
22,11	25,51	28,57	26,24	26,24	22,86	
23,81	24,90	28,57	26,36	26,36	21,66	
22,11	24,16	29,34	26,12	26,12	22,53	
113,56	125,47	143,71	130,71	130,71	109,57	753,73

Persamaan kuadrat :

$$JKT = 22,57^2 + 22,96^2 + \dots + 22,53^2 - \frac{753,73^2}{5 \times 6} = 19101,04 - 18937,04$$

$$= 164,00$$

$$JKA = \frac{113,56^2 + 125,47^2 + \dots + 109,57^2}{5} - \frac{753,73^2}{5 \times 6} = 19093,47 - 18937,04$$

$$= 156,43$$

$$JKB = 164,00 - 156,43 = 7,58$$

Berdasarkan tabel F tersebut, titik prosentase distribusi F untuk probabilitas diperoleh  $F_{\text{tabel}}$  sebesar 2,62

**Tabel 4.14** Hasil Analisis Variansi Data

Sumber Keseragaman (SK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Derajat Bebas (db)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung	F tabel
Variasi perbandingan semen merah	156,43	5	31,29	99,11	2,62
Galat	7,58	24	0,32		
Total	164,00	29	5,66		

Kesimpulan :

Karena  $f$  hitung  $>$   $f$  tabel maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang nyata dari variasi persentase penggunaan limbah batu bata sebagai semen merah terhadap kuat tekan mortar.

#### 4.3.2. Uji Analisis Perbedaan

Untuk menilai apakah keragaman dari dua kelompok berbeda secara statistik satu sama lain. Analisis untuk membandingkan keragaman dari dua kelompok data digunakan uji-t. Uji-t juga disebut juga metode pengujian hipotesis dimana untuk membandingkan dua data yang tidak bebas atau berpasangan. Cara perhitungan ini dibuat banyak sampel, dimana dalam pengujian salah satu sampel dibuat sebagai kontrol dari penelitian ini. Dalam kasus ini sampel terdiri dari 5 data untuk masing-masing perlakuan, dimana penelitian ini menggunakan 6 perlakuan yaitu persentase semen merah limbah batu bata dan semen merah bata baru. Pada persentase semen merah limbah batu bata 0% dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui tingkat perbedaan antara semen merah limbah batu bata dengan semen merah bata baru.

##### 4.3.2.1. Kuat Tekan

Untuk mengetahui seberapa besar tingkat signifikansi perbedaan kuat tekan mortar menggunakan semen merah tanpa limbah batu bata menggunakan semen merah



dengan berbagai variasi limbah batu bata khususnya semen merah limbah batu bata, maka dilakukan pengujian hipotesis.

Pengujian hipotesis merupakan salah satu bagian terpenting dalam teknik pengambilan keputusan untuk mengetahui apakah suatu pertanyaan atau hipotesis suatu masalah diterima atau ditolak. Keputusan diambil dengan nilai signifikansi variabel bebas dengan taraf signifikansi atau  $\alpha = 5\%$  dengan pedoman :

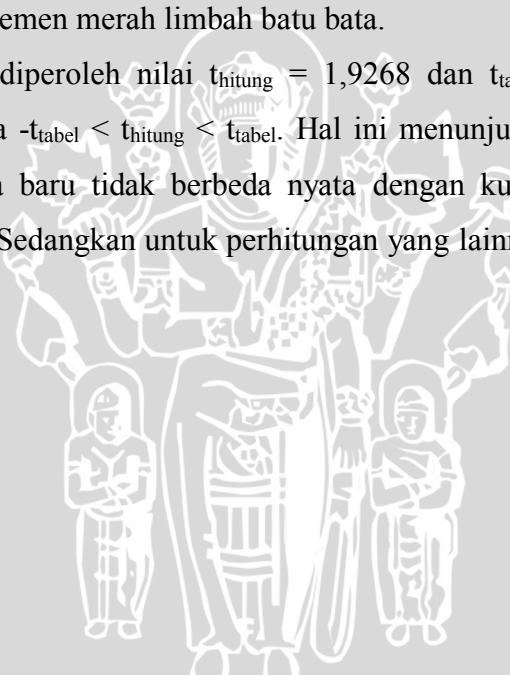
- Nilai  $-t_{\text{tabel}} < t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$  maka  $H_0$  diterima
- Nilai  $t_{\text{hitung}} < -t_{\text{tabel}}$  atau  $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}}$  maka  $H_1$  diterima

Dengan :

$H_0$  = tidak terdapat perbedaan yang nyata antara kuat tekan mortar semen merah batu bata baru dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata.

$H_1$  = Terdapat perbedaan yang nyata antara kuat tekan mortar semen merah batu bata baru dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata.

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $t_{\text{hitung}} = 1,9268$  dan  $t_{\text{tabel}} (0,05 ; 4) = 2,13185$  atau  $-2,13185$  sehingga  $-t_{\text{tabel}} < t_{\text{hitung}} < t_{\text{tabel}}$ . Hal ini menunjukkan kuat tekan mortar semen merah batu bata baru tidak berbeda nyata dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata. Sedangkan untuk perhitungan yang lainnya dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut ini.



Tabel 4.15 Hasil Analisis Variasi

	Kontrol SMLB 0%	20% SMLB	Kontrol SMLB 0%	40% SMLB	Kontrol SMLB 0%	60% SMLB	Kontrol SMLB 0%	80% SMLB	Kontrol SMLB 0%	100% SMLB
	22,5694	25,8226	22,5694	28,3215	22,5694	25,5102	22,5694	25,1736	22,5694	21,2674
	22,9592	25,0850	22,9592	28,9116	22,9592	26,4757	22,9592	26,2500	22,9592	21,2585
	22,1088	25,5102	22,1088	28,5714	22,1088	26,2391	22,1088	26,3605	22,1088	22,8571
	23,8095	24,8980	23,8095	28,5714	23,8095	26,3605	23,8095	25,4061	23,8095	21,6576
	22,1088	24,1566	22,1088	29,3367	22,1088	26,1224	22,1088	26,6556	22,1088	22,5340
Rataan	22,7112	25,0945	22,7112	28,7425	22,7112	26,1416	22,7112	25,9692	22,7112	21,9149
SD	0,5034	0,4053	0,5034	0,1544	0,5034	0,1420	0,5034	0,4133	0,5034	0,5469
n	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sp	0,674059114		0,57347781		0,568072993		0,677008723		0,724658544	
t <sub>hitung</sub>	-5,590516804		-16,62912353		-9,548027429		-7,608966673		1,737312291	
t <sub>tabel</sub>	2,13185		2,13185		2,13185		2,13185		2,13185	
keterangan	Nyata		Nyata		Nyata		Nyata		Tidak Nyata	

Kesimpulan :

Dari tabel diatas diketahui bahwa :

- Pada persentase penggunaan limbah batu bata sebesar 20% diketahui bahwa Nilai  $t_{hitung} < -t_{tabel}$  atau  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_1$  diterima artinya ada Kuat tekan mortar semen merah batu bata baru berbeda nyata dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata.
- Pada persentase penggunaan limbah batu bata sebesar 40% diketahui bahwa Nilai  $t_{hitung} < -t_{tabel}$  atau  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_1$  diterima artinya adalah Kuat tekan mortar semen merah batu bata baru berbeda nyata dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata.
- Pada persentase penggunaan limbah batu bata sebesar 60% diketahui bahwa  $t_{hitung} < -t_{tabel}$  atau  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_1$  diterima artinya adalah Kuat tekan mortar semen merah batu bata baru berbeda nyata dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata.
- Pada persentase penggunaan limbah batu bata sebesar 80% diketahui bahwa Nilai  $t_{hitung} < -t_{tabel}$  atau  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_1$  diterima artinya adalah Kuat tekan mortar semen merah batu bata baru berbeda nyata dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata.
- Pada persentase penggunaan limbah batu bata sebesar 100% diketahui bahwa  $-t_{tabel} < t_{hitung} < t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima artinya adalah Kuat tekan mortar semen merah batu bata baru tidak berbeda nyata dengan kuat tekan mortar semen merah limbah batu bata.

#### 4.3.3. Uji Analisis Regresi

Proses penentuan suatu fungsi pendekatan yang menggambarkan kecenderungan data dengan simpangan minimum antara nilai fungsi dan data disebut regresi. Jika pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui adakah pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat, maka analisa regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat. Regresi dilakukan terhadap mortar untuk mendapatkan hubungan antara nilai kuat tekan mortar dengan persentase semen merah limbah batu bata. Jika absis (x) menyatakan variasi persentase semen merah limbah batu bata sedangkan ordinat (y) menyatakan nilai kuat tekan mortar maka  $f(x)$  merupakan suatu fungsi polinomial untuk menyatakan hubungan hubungan x dan y.



Dalam upaya untuk mencari parameter regresi yang paling tepat (dengan nilai galat terkecil) pendugaan persamaan regresi dapat dibayangkan sebagai upaya memilih model yang paling tepat. Beberapa bentuk persamaan regresi dapat dicoba seperti bentuk linier, polinomial atau eksponensial.

#### 4.3.3.1. Kuat Tekan

Pada penelitian ini regresi dapat dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara variasi prosentase semen merah limbah batu bata dengan nilai kuat tekan mortar. Tingkat ketepatan dari fungsi regresi yang diperoleh diukur dari nilai koefisien determinasinya ( $R^2$ ). Koefisien determinasinya ( $R^2$ ) merupakan nilai yang menyatakan besarnya nilai keterandalan model yaitu menyatakan besarnya variabel Y nilai kuat tekan mortar yang dapat diterangkan oleh variabel bebas X menurut persamaan regresi yang diperoleh. Besarnya koefisien determinasi ( $R^2$ ) berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) mendekati 1 maka model yang digunakan semakin tinggi keterandalannya dan jika mendekati 0 maka derajat keterandalannya rendah.

Hubungan pada setiap kejadian dalam penelitian ini dapat dinyatakan dengan hubungan korelasi antara dua variabel. Koefisien korelasi ( $R$ ) merupakan suatu ukuran asosiasi (linier) relatif antara dua variabel yang menyatakan besarnya derajat keeratan hubungan antar variabel. Koefisien korelasi dapat bervariasi dari -1 sampai 1. Jika  $0 < R < 1$ , maka dua variabel dikatakan berkorelasi positif dan jika  $-1 < R < 0$ , maka dua variabel tersebut dinyatakan berkorelasi negatif. Nilai 0 menunjukkan tidak adanya hubungan antar variabel sedangkan nilai 1 atau -1 menunjukkan adanya hubungan sempurna antar variabel. Dalam pengujian analisis regresi kuat tekan, hasil analisa dapat dilihat pada gambar 4.6

Dalam pengujian analisis regresi berikut ini, akan di analisis menurut hubungan antara kuat tekan dengan persentase penggunaan semen merah limbah batu bata. Dari hasil pengujian analisis terhadap beban batas didapatkan persamaan :

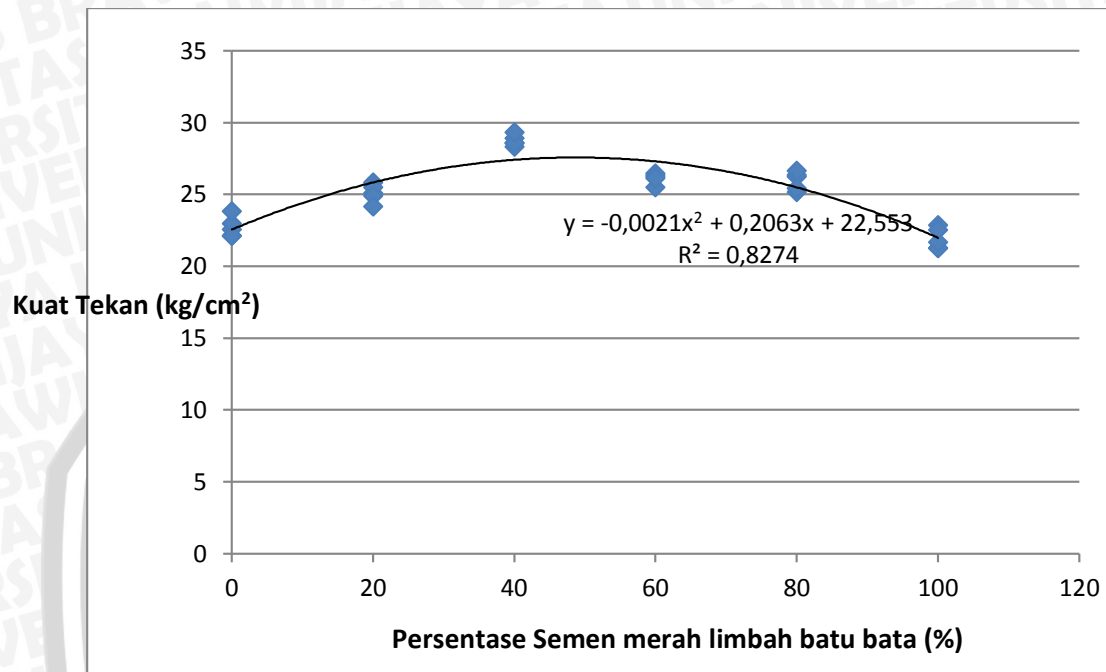
$$y = -0,0021x^2 + 0,1967x + 22,941$$

Dimana :

$y$  = kuat tekan rata-rata

$x$  = persentase semen merah limbah batu bata

Dengan nilai  $R^2 = 0,8274$  dan  $R = 0,9096$  atau  $-0,9096$ , menunjukkan bahwa variabel-variabel di atas menyokong kuat tekan rata-rata sebesar 82,74%.



**Gambar 4.6** Hubungan Regresi Kuat Tekan dan persentase Semen Merah Limbah Batu Bata

#### 4.4. Pembahasan

Limbah batu bata dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan mortar. Hal ini disebabkan karena limbah tersebut memiliki sifat *pozzolan* yang bisa menghasilkan semen hidrolis jika dicampur dengan kapur padam. Meski batu bata merah baru dan limbah batu bata merah sama-sama memiliki sifat *pozzolan*, sifat-sifat tersebut sangat berbeda. Perbedaan inilah yang sangat mempengaruhi kekuatan mortar yang disusun dengan bahan tersebut.

##### 4.4.1. Kuat Tekan

Dari pengujian kuat tekan mortar, diperoleh nilai beban yang menjadi kapasitas beban maksimum mortal. Nilai beban tersebut merupakan kapasitas maksimal yang dapat ditahan oleh mortar hingga benda tersebut mengalami keruntuhan. Dari beban tersebut selanjutnya diperoleh kuat tekan dengan cara membagi beban yang didapat dari



hasil pengujian dengan luasan mortar tersebut. Kuat tekan menunjukkan kekuatan yang dimiliki mortar per satuan luas.

Perbedaan kuat tekan rata-rata mortar dapat dipengaruhi oleh perbedaan jumlah persentase penggunaan limbah batu bata. Pada tabel 4.13 dan gambar 4.4, dapat dilihat perbedaan kuat tekan rata-rata mortar pada tiap variasi benda uji. Dari tabel dan gambar tersebut, diketahui bahwa kuat tekan rata-rata mortar semakin meningkat sampai pada persentase penggunaan limbah batu bata sebesar 40%. Namun, kuat tekan rata-rata tersebut mengalami penurunan pada persentase penggunaan limbah batu bata sebesar 60%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kondisi benda uji yang mengalami kesalahan pada saat pembuatan. Pada persentase 80%, kuat tekan rata-rata mortar mengalami kenaikan yang tidak terlalu tajam, sedangkan pada persentase 100% terjadi penurunan. Dari grafik tersebut kuat tekan mengalami kenaikan sampai pada prosentase pemberian limbah batu bata pada persentase 40% selanjutnya mengalami penurunan sampai persentase penggunaan limbah batu bata 100%. Kuat tekan dari semua variasi tersebut belum memenuhi standar kuat tekan berdasarkan syarat pada tabel 2.7, karena pada tabel tersebut syarat kisaran angka kapur padam adalah 50-75 kg/cm<sup>2</sup>. Namun, kuat tekan tersebut masih memenuhi mutu untuk digunakan sebagai bahan bangunan.

Dari tabel 4.13, dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata dengan menggunakan 100% semen merah limbah batu bata mengalami penurunan sebesar 3,567% bila dibandingkan dengan kuat tekan rata-rata menggunakan 100% semen merah batu bata baru. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kandungan alumina dan silika pada semen merah limbah batu bata dengan semen merah batu bata baru. Limbah batu bata mengalami proses kimia yang menyebabkan kandungan alumina dan silika tersebut mengalami penurunan.

Variasi atau perbedaan penggunaan semen merah limbah batu bata akan menghasilkan kuat tekan optimum. Dari hasil perhitungan persamaan regresi  $f(x) = -0,0021x^2 + 0,2063x + 22,553$  dengan nilai  $R^2 = 0,8274$  dan  $R = 0,9096$  atau  $-0,9096$ , Nilai koefisien derterminasi yang masih kecil atau kurang mendekati satu merupakan kesalahan dalam pembuatan benda uji dan kesalahan dari pembacaan maupun dari alatnya itu sendiri. Dari analisa statistik pada tabel 4.14, pengujian analisis varian satu arah menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh variasi persentase semen merah dari bahan limbah batu bata terhadap kuat tekan mortar. Dari hasil uji signifikansi seperti



pada tabel 4.15 terdapat perbedaan yang tidak nyata antara semen merah bata baru 100% dengan semen merah limbah batu bata 100%, sehingga batu bata limbah batu bata bisa digunakan dalam pembuatan mortar yang ramah lingkungan.

Secara kualitas seharusnya kuat tekan tidak akan mengalami kenaikan, melainkan mengalami penurunan secara eksponen, tetapi hasil penelitian menunjukkan sempat terjadi kenaikan sebelum mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan adanya reaksi pozzolanik yang terjadi antara senyawa-senyawa kimia semen merah batu bata baru dengan semen merah limbah batu bata. Silika oksida yang terdapat pada semen merah bata baru lebih tinggi dari semen merah limbah, sedangkan alumina oksida semen merah lebih tinggi dibanding semen merah baru. Dengan begitu, persentase yang ideal menghasilkan silika dan alumina yang maksimal yang berefek meningkatnya mutu/kekuatan mortar. Sehingga grafik yang terjadi menjadi polinomial.

